

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USP A)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 15 630 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 02 B 15/16**  
G 02 B 7/10

②1 Aktenzeichen: P 43 15 630.4  
②2 Anmeldetag: 4. 5. 93  
④3 Offenlegungstag: 10. 11. 94

DE 43 15 630 A 1

⑦1 Anmelder:  
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

⑦2 Erfinder:  
Winterot, Johannes, Dipl.-Math., O-6900 Jena, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Varioabbildungssystem mit endlicher Übertragungslänge

DE 43 15 630 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 94 408 045/526

9/32

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Varioabbildungssystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Derartige Abbildungssysteme werden beispielsweise eingesetzt, um ein relativ großes Objektfeld mit variabler Vergrößerung auf einen Empfänger abzubilden, wie es in Bildprojektionseinrichtungen und Colorprintern der Fall ist, aber auch in Stereomikroskopen vom Greenough-Typ. Es kommt hierbei darauf an, mit möglichst wenigen Bauelementen einen möglichst hohen Zoombereich zu erzielen.

In der DE-OS 34 18 639 wird ein Varioobjektiv für endliche Abstände beschrieben, das aus vier beweglichen Linsengruppen besteht. Durch die Vielzahl der optischen Bauelemente entsteht ein erhöhter allgemeiner Aufwand. Weiterhin ergeben sich Nachteile bezüglich des zu erzielenden Bildkontrastes. Dadurch, daß alle vier Gruppen beweglich ausgebildet sind, ist auch der konstruktive Aufwand für die benötigten Führungselemente relativ hoch.

Die DE-OS 31 41 824 beschreibt ein Varioobjektiv mit einer ersten Linsengruppe negativer Brennweite sowie einer zweiten Linsengruppe positiver Brennweite.

Beide Linsengruppen sind beweglich angeordnet. Die Anzahl der benötigten optischen Bauelemente ist relativ hoch, was sich negativ auf die Gesamtkosten auswirkt.

Durch den unterschiedlichen Einzeldurchmesser der Linsen ergeben sich Probleme bezüglich der Führbarkeit in einer gemeinsamen Fassung. Die angegebene numerische Apertur in einen Bereich von 0,1 schränkt den Anwendungsbereich ein, da beispielsweise in den stereoskopischen Abbildungsstrahlengängen eines Greenough-Stereomikroskopes die maximale Apertur jedes Kanals ca. 0,07 beträgt.

In der DE-OS 35 44 148 ist ein Objektiv für das Kopieren mit variabler Abbildungsgröße angegeben, das aus einer ersten Linseneinheit mit negativer Brennweite, einer zweiten Linseneinheit mit positiver Brennweite sowie einer dritten Linseneinheit mit negativer Brennweite besteht, wobei alle Linseneinheiten beweglich ausgebildet sind.

Die zweite Linseneinheit besteht aus einer Vielzahl von Einzellinsen.

Dadurch, daß die Brennweite der ersten Linseneinheit negativ ist, wird man gezwungen, den Öffnungswinkel von vornherein zu verkleinern, da das Negativglied die Apertur vergrößert.

In "Das optische System des Mikroskopes", Verlag für Technik Berlin 1958, S. 66 ff., wird ein pankratischer Kondensor von Richter/Reinert beschrieben, der aus einer ersten Linse positiver Brechkraft, einer zweiten Linse negativer Brechkraft und einer dritten Linse positiver Brechkraft besteht, wobei erste und dritte Linse fest miteinander gekoppelt sind und gemeinsam verschoben werden. Die Bildlage ist in dieser Lösung nicht konstant (Fokusschwankung von 1,5 mm). Durch die gleichen Brennweiten der ersten und dritten Linse und die verwendeten Abstände werden Vergrößerungen von  $-0,3$  bis  $3$  erzielt.

Die Erfindung geht nunmehr von der Aufgabe aus, ein Varioabbildungssystem mit endlicher Übertragungslänge zu schaffen, das mit möglichst wenigen Einzellinsen auskommt und dennoch einen Zoombereich von  $0,65-5$  überdeckt, wobei die Bildlage konstant sein soll. Dabei soll das Varioabbildungssystem möglichst universell einsetzbar sein und bezüglich der benötigten Linsenführungen einen einfachen und platzsparenden Aufbau gewährleisten.

Die Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Varioabbildungssystem durch die kennzeichnenden Merkmale des 1. Anspruchs gelöst.

Bevorzugte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung führt die dritte Linsengruppe eine gegenüber der zeitlich linearen Verschiebebewegung der ersten Linsengruppe zeitlich verzögerte, nichtlineare Verschiebebewegung aus, wobei durch die Verschiebebewegung die zwischen den Brennweiten  $f_1, f_2, f_3$  der Linsengruppen, der Übertragungslänge  $L$  und den Abständen  $l_4$  der ersten Linsengruppe von der Objektebene  $0$  und  $14$  der dritten Linsengruppe von der Bildebene  $0'$  in den Ansprüchen 5 und 6 formulierten Bedingungen erfüllt werden.

In einem speziellen Ausführungsbeispiel werden gemäß Anspruch 7 die genauen Werte für die verwendeten Linsengruppen und ihre Verschiebebewegung angegeben.

In weiteren Ausführungsbeispielen gemäß den Ansprüchen 8-14 wird beschrieben, wie die Ansteuerung der Verschiebebewegung der ersten und dritten Linsengruppe erfolgt.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung anhand der schematischen Zeichnungen.

Es zeigt

Fig. 1a den prinzipiellen Aufbau sowie den Strahlengang eines erfindungsgemäßen Varioabbildungssystems,

Fig. 1b den zeitlichen Verlauf  $l_1(t)$  der Verschiebebewegung der ersten Linsengruppe,

Fig. 1c den zeitlichen Verlauf  $l_3(t)$  der Verschiebebewegung der dritten Linsengruppe,

Fig. 2 die Ansteuerung der Verschiebebewegung der ersten und dritten Linsengruppe mittels einer Trommel,

Fig. 3 die Ansteuerung mittels einer die Linsengruppen umgebenden Trommel,

Fig. 4 die Ansteuerung mittels eines an einer Kurvenscheibe angelenkten Hebelsystems.

In Fig. 1 sind  $0$  die Objektebene,  $0'$  die Bildebene,  $r_1 \dots r_g$  die Linsenradien,  $d_1 \dots d_6$  die Linsendicken sowie  $L_1 \dots L_4$  die Abstände der Linsengruppen untereinander sowie zwischen  $0$  und  $0'$ .

Der Abbildungsstrahlengang von einer Objektebene  $0$  zu einer Bildebene  $0'$  verläuft durch eine Linsengruppe 1 mit positiver Brechkraft, eine Linsengruppe 2 mit negativer Brechkraft sowie eine Linsengruppe 3 mit positiver Brechkraft.

Die Linsengruppen 1 und 3 sind dabei, vorzugsweise miteinander verkoppelt, entlang der optischen Achse relativ zur Linsengruppe 2 verschiebbar angeordnet.

In Fig. 1b und 1c ist der Verschiebeweg  $l_1, l_3$  der Linsengruppen 1 und 3 in Abhängigkeit von der Zeit schematisch dargestellt. In Fig. 1c ist dabei der Verschiebeweg  $l_1$  der Linsengruppe 1 gestrichelt dargestellt. Die

der Momentanposition der Linsengruppen 1 und 3 entsprechenden Kurvenstellen in 1b und 1c sind ebenfalls markiert. Zwischen der Brennweite  $f_1$  der Linsengruppe 1, der Brennweite  $f_2$  der Linsengruppe 2 sowie der Brennweite  $f_3$  sowie der Übertragungslänge  $L$  besteht hierbei folgende allgemeine Beziehung:

$$\begin{aligned} 7,7 \times f_1 < L < 8,2 \times f_1 \\ -13,8 \times f_2 < L < -14,3 f_2 \quad (1) \\ 5,9 \times f_3 < L < 6,3 \times f_3 \end{aligned}$$

wobei die Verschiebewegung der Bedingung

$$\left| \frac{1_1}{1_4} - \left( (30,315 - 159,882 \left( \frac{1_4}{L} \right) + 290,109 \left( \frac{1_4}{L} \right)^2 - 178,091 \left( \frac{1_4}{L} \right)^3 \right) \right| < 0,05 \quad (2)$$

genügt. Der Abstand  $L_4$  ist hierbei größer als der Abstand  $L_1$ . Vorzugsweise wird die Übertragungslänge  $L$  durch die Linsengruppe 2 im Verhältnis 1 : 1,55 geteilt.

Als konkretes Beispiel seien folgende Daten für die Abstände, Radien, Glasarten sowie Brennweiten der Linsengruppe 1, 2 und 3 angegeben:

Linsengruppe	Abstand L/ Dicke d	Radius	Glasart	Brennweite der Linsengruppe
1	$L_1=157,685$	$r_1=59,808$		
	$d_1=3,8$	$r_2=-18,246$	BaK2	
	$d_2=1,7$	$r_3=-37,725$	SF8	52,94
	$L_2=3,22$	$r_4=-39,028$		
2	$d_3=1,5$	$r_5=13,146$	BaLF4	
	$d_4=2,5$	$r_6=24,026$	SF14	-30,30
	$L_3=53,198$	$r_7=123,944$		
3	$d_5=2,0$	$r_8=25,256$	SF12	
	$d_6=2,5$	$r_9=-56,020$	SK2	69,75
	$L_4=197,362$			

wobei die Verschiebewegungen gemäß o. g. Bedingung (2) folgenden Abstandsänderungen  $l_1 \dots l_4$  und Vergrößerungen entsprechen:

	Vergrößerung	$\Delta L_1$	$\Delta L_2$	$\Delta L_3$	$\Delta L_4$
	-0,65	0	0	0	0
	-0,80	-6,38	6,38	-3,74	3,74
5	-1,00	-12,71	12,71	-8,15	8,15
	-1,25	-18,58	18,58	-12,98	12,98
	-1,60	-24,65	24,65	-18,84	18,84
	-2,00	-29,84	29,84	-24,63	24,63
	-2,50	-34,86	34,86	-30,85	30,85
10	-3,20	-40,39	40,39	-38,10	38,10
	-4,00	-45,74	45,74	-44,66	44,66
	-5,00	-52,63	52,63	-49,89	49,89

15 Im folgenden werden verschiedene Ausführungsformen zur Realisierung der angegebenen Verschiebungen der Linsengruppen 1 und 3 näher erläutert:

In Fig. 2 sind die Linsengruppen 1, 2 und 3 mit ihren Fassungen in Linsenhaltern 4, 5 und 6 befestigt, die an Führungsstangen 7 und 8 gelagert sind. Die Linsengruppen 1 und 3 sind dabei gegenüber der festen Linsengruppe 2 verschiebbar angeordnet. Die Führungsstangen 7 und 8 sind in einem ortsfest zwischen Objektebene 0 und Bildebene 0' angeordneten Gehäuse 9 aufgenommen, das auch eine drehbar gelagerte Trommel 10 trägt, die Führungsnuten 11 und 12 aufweist, in die mit den Linsenhaltern 4 und 6 verbundene Führungsstifte 13 und 14 eingreifen. Bei Drehung der Trommel wird durch eine Kurvenform der Führungsnuten 11 und 12 die Verschiebewegung der Linsenhalter 4 und 6 festgelegt und erfolgt beispielsweise nach dem anhand von Zahlenwerten oben beschriebenen konkreten Verlauf. Bezüglich der Verwendung einer drehbaren Trommel sind auch andere Ausführungsformen denkbar, beispielsweise die in Fig. 3 beschriebene.

Hier umschließt eine ortsfeste Trommel 15, die in ihrem Inneren Führungsnuten 16, 17 aufweist, den Abbildungskanal des Varioabbildungssystems. In die Führungsnuten 16, 17 greifen Führungsstifte 18, 19 ein, die mit den Linsenhalterungen 4 und 6 verbunden sind. Die Linsenhalterungen 4 und 6 sind hierbei in einem Rohr 20 verdrehfest verschiebbar gelagert.

Es kann entweder die Trommel 15 ortsfest und das Rohr 20 verdrehbar oder das Rohr 20 ortsfest und die Trommel 15 verdrehbar ausgebildet sein. Die Verschiebung der Linsengruppen 1 und 3 erfolgt jeweils, indem Trommel 15 und Rohr 20 gegeneinander verdreht werden, wobei im Rohr 20 eine entsprechende Längsnut 30 vorgesehen ist, in der die Führungsstifte 18, 19 verschoben werden.

35 In Fig. 4 sind die Linsengruppen 1 und 3 in einem ortsfesten Rohr 21 verschiebbar angeordnet, das eine Längsnut 22 aufweist, innerhalb derer die Linsengruppen verschoben werden. Die Linsenhalterungen 4 und 6 sind hierbei als Drehlager 23, 24 ausgebildet, in denen Hebel 25, 26 angelenkt sind, die in einem gemeinsamen Drehpunkt 27 zusammengeführt sind.

Zwischen den Drehlagern 23 und 24 ist eine Zugfeder 28 vorgesehen, die die Linsenhalterungen 4 und 6 zusammenzieht. Dadurch wird der Drehpunkt 27 an eine ortsfeste Kurvenscheibe 29 angedrückt. Bei Anlegen einer Kraft F, beispielsweise, wie dargestellt, an der Linsenhalterung 4, folgt der Drehpunkt 27, der Form der Kurvenscheibe 29.

Infolgedessen vollführt die Halterung 6 über den Hebel 26 eine gleichsinnige Verschiebewegung, deren Verlauf von der Form der Kurvenscheibe abhängt. Bezüglich der Ausbildung des Hebelsystems sowie der Anlenkung an eine Kurvenscheibe sind verschiedene konstruktive Weiterbildungen von der Lehre der Erfindung eingeschlossen.

Beispielsweise kann das Rohr 21 in Fig. 4 durch Fig. 2 analoge Führungsstangen ersetzt werden, auf denen die Linsenhalterungen 4, 5, 6 verschiebbar angeordnet sind.

Weitere technische Lösungen zur Verschiebung von Linsengruppen mittels einer Kurvenscheibe sind beispielsweise in der DE-OS 40 08 154 aufgeführt.

#### Patentansprüche

55 1. Varioabbildungssystem mit endlicher Übertragungslänge L von einer Objektebene 0 zu einer Bildebene 0', das, der Objektebene nachgeordnet, in Abbildungsrichtung hintereinander enthält

- eine erste Linsengruppe (1) mit positiver Brechkraft,
- eine zweite Linsengruppe (2) mit negativer Brechkraft,
- eine dritte Linsengruppe (3) mit positiver Brechkraft,

wobei die erste und dritte Linsengruppe (1) relativ zur zweiten Linsengruppe (2) gleichsinnig verschiebbar angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Linsengruppe (3) eine bezüglich der Verschiebewegung  $l_1(t)$  der ersten Linsengruppe (1) abweichende Bewegung  $l_3(t)$  ausführt.

2. Varioabbildungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Linsengruppe (1) eine zeitlich lineare Verschiebewegung  $l_1(t)$  ausführt, während die dritte Linsengruppe (3) eine zeitlich nichtlineare Verschiebewegung  $l_3(t)$  ausführt.

65 3. Varioabbildungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die Verschiebewegung  $l_1(t)$  der ersten Linsengruppe (1) als auch die Verschiebewegung  $l_3(t)$  der dritten Linsengruppe (3) einen zeitlich nichtlinearen Verlauf haben.

4. Varioabbildungssystem nach einem der Ansprüche 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschiebebe-

wegung  $l_3(t)$  gegenüber  $l_1(t)$  eine zeitliche Verzögerung aufweist.

5. Varioabbildungssystem nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch folgende Beziehung zwischen der Brennweite  $f_1$  der ersten Linsengruppe (1), der Brennweite  $f_2$  der zweiten Linsengruppe (2), der Brennweite  $f_3$  der dritten Linsengruppe (3) und der Übertragungslänge  $L$ :

$$\begin{aligned} 7,7 \times f_1 < L < 8,2 \times f_1 \\ -13,8 \times f_2 < L < -14,3 f_2 \\ 5,9 \times f_3 < L < 6,3 \times f_3 \end{aligned}$$

6. Varioabbildungssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschiebebewegung der ersten und dritten Linsengruppe (1,3) folgender Bedingung genügt:

$$\left| \frac{l_1}{l_4} - \left( (30,315 - 159,882 \left( \frac{l_4}{L} \right) + 290,109 \left( \frac{l_4}{L} \right)^2 - 178,091 \left( \frac{l_4}{L} \right)^3 \right) \right| < 0,05$$

wobei  $l_1$  der Abstand der ersten Linsengruppe (1) von der Objektebene 0 und  $l_4$  der Abstand der dritten Linsengruppe (3) von der Bildebene 0' ist.

7. Varioabbildungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die erste, zweite und dritte Linsengruppe (1,2,3) folgende Bedingungen erfüllen:

Linsengruppe	Abstand L/ Dicke d	Radius	Glasart	Brennweite der Linsengruppe
1	$L_1=157,685$	$r_1=59,808$		
	$d_1=3,8$	$r_2=-18,246$	BaK2	52,94
	$d_2=1,7$	$r_3=-37,725$	SF8	
	$L_2=3,22$	$r_4=-39,028$		
	$d_3=1,5$	$r_5=13,146$	BaLF4	
2	$d_4=2,5$	$r_6=24,026$	SF14	-30,30
	$L_3=53,198$	$r_7=123,944$		
	$d_5=2,0$	$r_8=25,256$	SF12	
3	$d_6=2,5$	$r_9=-56,020$	SK2	69,75
	$L_4=197,362$			

wobei der Verschiebebewegung der ersten Linsengruppen und der dritten Linsengruppe folgende Abstandsänderungen  $\Delta l_1, \Delta l_2, \Delta l_3, \Delta l_4$  entsprechen:

Vergrößerung	$\Delta L_1$	$\Delta L_2$	$\Delta L_3$	$\Delta L_4$
-0,65	0	0	0	0
-0,80	-6,38	6,38	-3,74	3,74
-1,00	-12,71	12,71	-8,15	8,15
-1,25	-18,58	18,58	-12,98	12,98
-1,60	-24,65	24,65	-18,84	18,84
-2,00	-29,84	29,84	-24,63	24,63
-2,50	-34,86	34,86	-30,85	30,85
-3,20	-40,39	40,39	-38,10	38,10
-4,00	-45,74	45,74	-44,66	44,66
-5,00	-52,63	52,63	-49,89	49,89

8. Varioabbildungssystem nach einem der Ansprüche 1—7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der Verschiebewegung der ersten und dritten Linsengruppe (1, 3) über mit den Linsengruppen verbundene Führungselemente (13, 14) erfolgt, die in kurvenförmige Ausnehmungen (11, 12) einer drehbaren Trommel (10) eingreifen.

9. Varioabbildungssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß für die erste und dritte Linsengruppe (1, 3) auf Führungsstangen (7, 8) verschiebbare Linsenhaltungen (4, 6) vorgesehen sind, auf denen Taststifte (13, 14) angebracht sind, die in nutenförmige Ausnehmungen (11, 12) der drehbaren Trommel (10) eingreifen, wobei die Trommel (10) sowie die Führungsstangen (7, 8) ortsfest in einem Gehäuse (9) zwischen Objektebene 0 und Bildebene 0' gelagert sind.

10. Varioabbildungssystem nach einem der Ansprüche 1—7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ansteuerung der Verschiebewegung der ersten und dritten Linsengruppe (1, 3) ein auf einer Kurvenscheibe (29) geführtes Hebelsystem (25, 26) vorgesehen ist, das mit der ersten und dritten Linsengruppe (1, 3) verbunden ist.

11. Varioabbildungssystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Hebel (25, 26) vorgesehen sind, die einen gemeinsamen Drehpunkt (27) aufweisen, der an einer Kurvenscheibe (29) angelenkt ist, wobei die Hebelenden (23, 24) mit verschiebbaren Halterungen (4, 6) für die erste und dritte Linsengruppe (1, 3) verbunden sind und zwischen den Hebelenden (23, 24) eine Zugfeder (28) vorgesehen ist.

12. Varioabbildungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß sich die verschiebbaren Halterungen (4, 6) in einem ortsfest zwischen Objektebene 0 und Bildebene 0' angeordneten Rohr (21) befinden, das eine Längsnut (22) zur Führung der Halterungen (4, 6) aufweist.

13. Varioabbildungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß sich die verschiebbaren Halterungen (4, 6) auf ortsfest zwischen Objektebene 0 und Bildebene 0' angeordneten Führungsstangen befinden.

14. Varioabbildungssystem nach einem der Ansprüche 1—7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ansteuerung der Verschiebewegung der ersten und dritten Linsengruppe (1, 3) die Halterungen (4, 6) für die Linsengruppen in einem Rohr (20) mit einer Längsnut (3) verschiebbar geführt werden, wobei das Rohr von einer Trommel (15) umgeben ist, die kurvenförmige Nuten (16, 17) aufweist, in die mit den Halterungen verbundene Führungselemente (18, 19) eingreifen, wobei entweder das Rohr (20) oder die Trommel (15) eine Drehbewegung ausführt oder ortsfest zwischen Objektebene 0 und Bildebene 0' gelagert ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



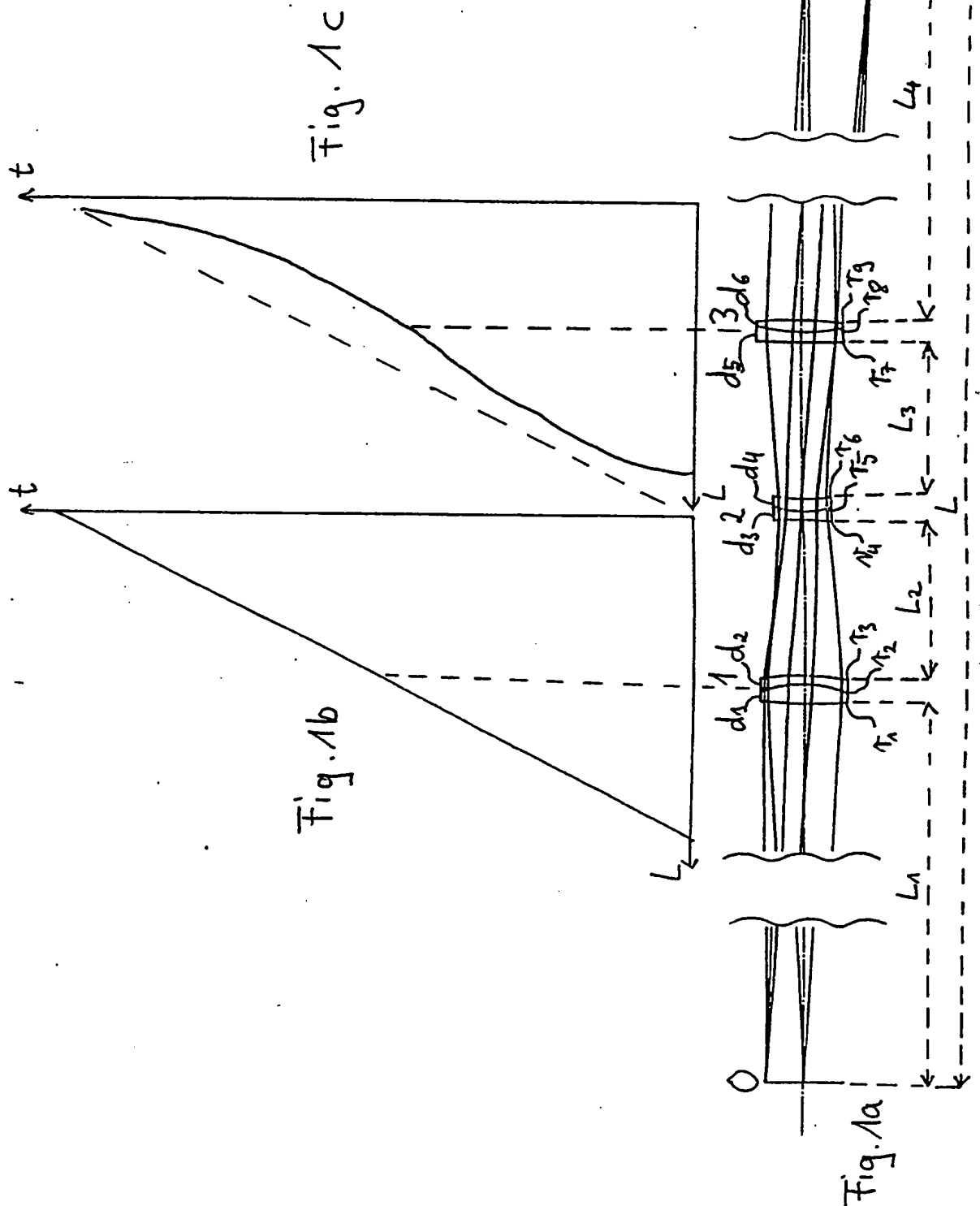


Fig. 2

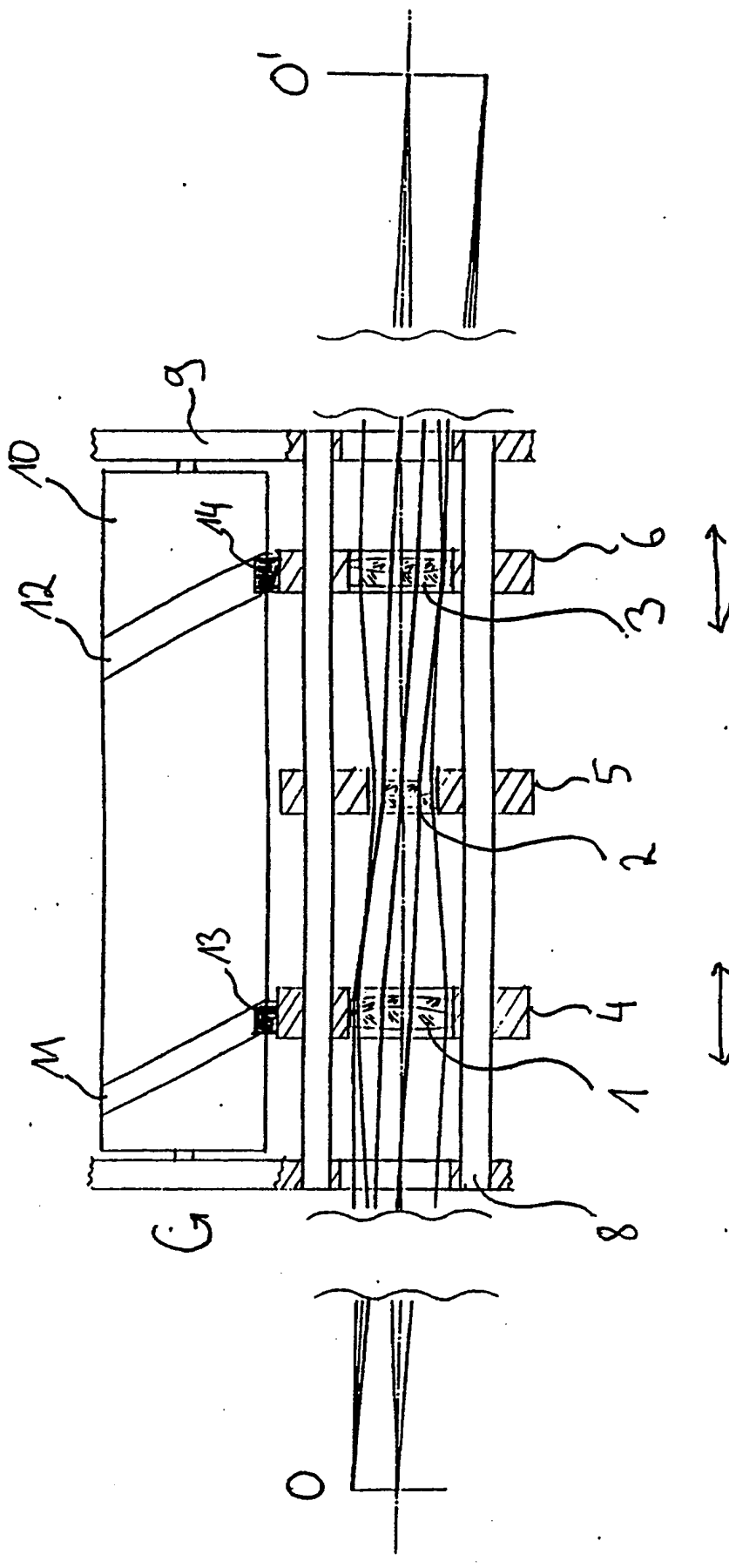


Fig. 3

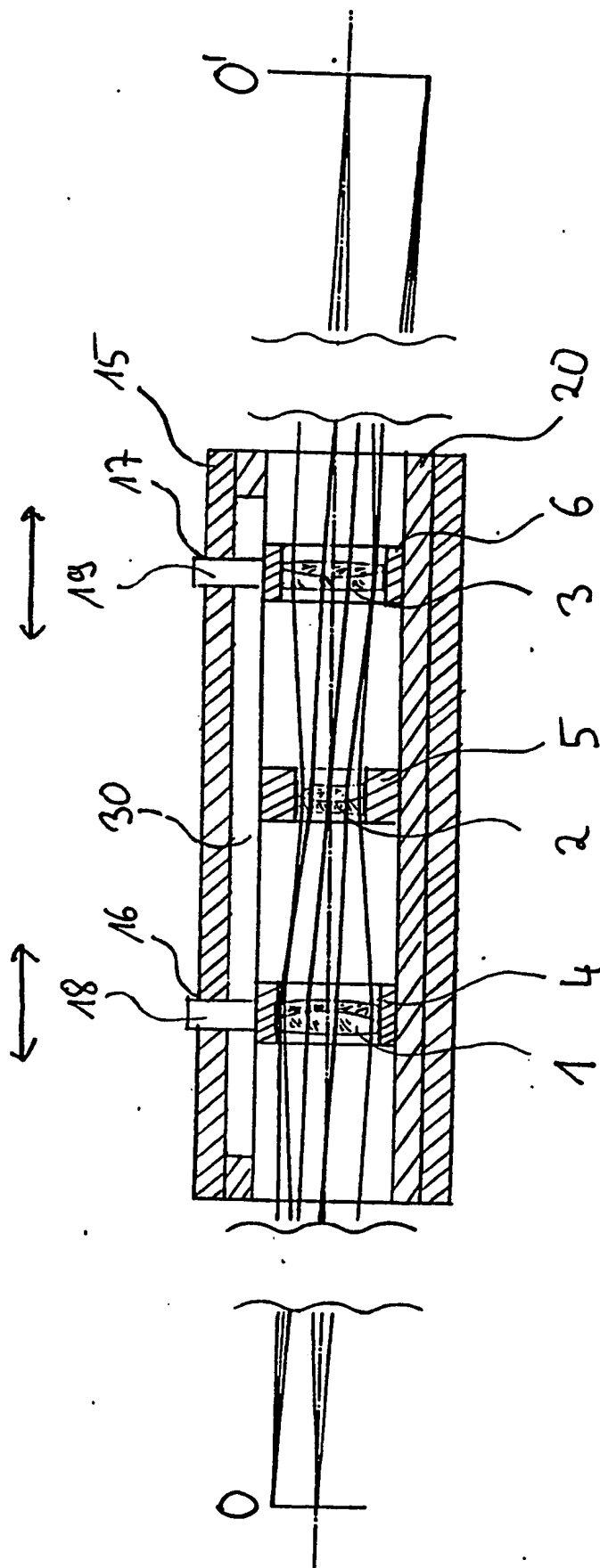


Fig. 4

